

VŠB – Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra výrobních strojů a konstruování

System údržby svařovacího zařízení
A Maintenance System of a Welding Equipment

Student: Bc. Martin Pavlát
Vedoucí diplomové práce: doc. Ing. František Helebrant, CSc.

Ostrava 2015

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra výrobních strojů a konstruování

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Martin Pavlát**
Studijní program: N2301 Strojní inženýrství
Studijní obor: 3909T001 Konstrukční a procesní inženýrství
Specializace: 72 Technická diagnostika, opravy a udržování
Téma: **Systém údržby svařovacího zařízení**
A Maintenance System of a Welding Equipment

Zásady pro vypracování:

V rámci zadání tématu ve formě studie zpracujte technické podmínky v celé své komplexnosti pro svařování hliníku v letecké výrobě včetně podmínek zajištění provozní spolehlivosti svařovacího zařízení.

V rámci zadání zpracujte a proveďte:

1. Rešerši a analýzu dané problematiky v obecné rovině.
2. Ideové a technické řešení výrobní implementace včetně metodiky postupu.
3. Zajištění provozní spolehlivosti svařovacího zařízení a hodnocení jakosti provedených svarů.
4. Návrh kontrolního procesu a zajištění opakovatelnosti.
5. Návrh obsahu podnikové směrnice.

Další potřebná technická specifikace zadání bude provedena v průběhu zpracovávání diplomové práce.

Seznam doporučené odborné literatury:

LEGÁT, V. a kol. *Management a inženýrství údržby*. Professional Publishing 2013, První vydání, 570 s., ISBN 978-80-7431-119-2

KUČERA, J. *Teorie svařování* VŠB – TU Ostrava 1991

TURŇA, M. *Špeciálne metódy zvarovania*. Alfa Bratislava 1989, ISBN 80-05-0097-9

<http://www345.vsb.cz> HLAVATÝ, I., ZMYDLENÝ, T., *Hliník a jeho slitiny. Konstrukce z hliníku*.

Podklady pro výuku, VŠB-TUO, FS, kat. 345

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

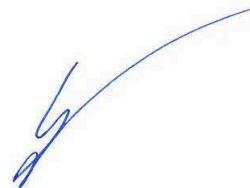
Vedoucí diplomové práce: **doc. Ing. František Helebrant, CSc.**

Datum zadání: 13.12.2014

Datum odevzdání: 18.05.2015



doc. Dr. Ing. Ladislav Kovář
vedoucí katedry



doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě 18. května 2015


.....

podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- беру на ве́домі, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že diplomová práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- беру на ве́домі, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě 18. května 2015

podpis



Jméno a příjmení autora práce:

Bc. Martin Pavlát

Adresa trvalého pobytu autora práce:

Hodslavice 381

ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE

PAVLÁT,M. *Systém údržby svařovacího zařízení: diplomová práce*. Ostrava : VŠB

– Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra výrobních strojů a konstruování, 2015, 58 s. Vedoucí práce: Helebrant, F.

Diplomová práce se zabývá systémem údržby svařovacího zařízení. V teoretické části je popsána oblast problematiky údržby obecně. V následující části je popsán proces odporového svařování. V další části je vysvětlena konstrukce svařovacího zařízení a jeho údržba. Praktická část se zabývá zhodnocením současného stavu odporového svařování v Honeywell Aerospace Olomouc. Na základě provedeného rozboru bylo navrženo řešení zkrácení intervalu údržby stroje. Prodloužení intervalu je implementováno do interní směrnice společnosti. V další kapitole praktické části je zhodnocen přínos nové odporové svařovací technologie.

ANNOTATION OF MASTER THESIS

PAVLÁT,M. *A Maintenance System of a Welding Equipment: Master Thesis*. Ostrava : VŠB –Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Production Machines and Design, 2015, 58 p. Thesis head: Helebrant, F.

The Master thesis is dealing with system of a maintenance for welding device. In the theoretical part is described the general issue of a maintenance and explained the process of a resistance welding. The next section explains the structure of a welding device and its maintenance. The practical part is dealing with the evaluation of the current state of resistance welding at Honeywell Aerospace Olomouc. Based on the analysis there has been proposed a shortening of the maintenance interval of the machine. The extending of the interval was implemented into the company's internal guideline. In the next chapter, the practical part are evaluated the benefits of the new resistance welding technology.

Obsah

	Seznam použitých zkratk a symbol.....	9
0	Úvod	10
1	Systém údržby v obecné rovině.....	11
1.1	Základní pojmy	11
1.2	Základní pojmy a požadavky na údržbu ve vztahu k hmotnému majetku ..	12
1.3	Postavení údržby v podniku	12
1.4	Strategie údržby jako součást strategie podniku	13
2	Odporové svařování.....	14
2.1	Základní princip odporového svařování.....	14
2.2	Základní rozdělení odporového svařování	17
2.2.1	Bodové svařování	17
2.2.2	Švové svařování.....	18
2.3	Proces odporového svařování	19
2.3.1	Proces odporového svařování.....	19
2.4	Hodnocení jakosti odporového svaru	20
2.4.1	Vizuální kontrola	20
2.4.2	Zkouška odlupováním	21
2.4.3	Zkouška krutem	21
2.4.4	Zkouška tahem.....	21
2.4.5	Zkouška makroskopickým leptáním.....	21
3	Odporové svařovací stroje.....	22
3.1	Typy odporových strojů	22
3.1.1	Bodové a švové odporové svařovací zařízení	23
3.2	Hlavní konstrukční části odporového svařovacího zařízení.....	24

3.2.1	Svařovací transformátor	25
3.2.2	Chladicí okruh	26
3.2.3	Sekundární obvod	28
3.2.4	Mechanismy pro vyvození svařovací a upínací síly	28
4	Údržba svařovacího zařízení	29
4.1	Rozdělení stroje z hlediska údržby	30
4.2	Údržba jednotlivých částí odporového svařovacího stroje	30
4.2.1	Údržba transformátoru	30
4.2.2	Údržba sekundárního okruhu	31
4.2.3	Údržba elektrod	34
4.2.4	Část vyvozující sílu mezi elektrodami	34
4.2.5	Preventivní údržba chladicího okruhu	34
4.2.6	Údržba kostry, krytů	34
4.3	Ideové řešení včetně metodiky	34
5	Praktická část	36
5.1	Historie HAO	36
5.2	Porovnání údržby na stroji č. 5100000070 a č.5100000071 ostatních strojích	38
5.2.1	Zdokumentování současného stavu	38
5.2.2	Postup demontáže	40
5.2.3	Tribodiagnostika	43
5.2.4	Rozbor maziva	44
5.2.5	Vyhodnocení vzorků	47
5.2.6	Doporučení výrobce	48
5.2.7	Závěr	48
5.3	Inverter Controlled Resistance Welders – Invertorové svařování	49

5.3.1	Princip.....	49
5.3.2	Vzorky	50
5.3.3	Shrnutí a přínos.....	52
6	Závěr.....	54
7	Seznam použité literatury	56

Seznam použitých zkratek a symbolů :

HAO	Honeywell Aerospace Olomouc, s.r.o.
GI	Gilbert Industrial, Inc
mΩ	mikro Ohm

0 Úvod

Tématem diplomové práce je systém údržby svařovacího zařízení. Práce je rozdělena na část teoretickou a praktickou. V teoretické části je stručně popsána oblast problematiky údržby v obecné rovině. V další části práce je vysvětlen princip a proces odporového svařování v podniku. V následující části práce je popsána a vysvětlena samotná konstrukce odporového svařovacího zařízení. Je zde uveden základní popis, rozdělení funkce jednotlivých částí stroje pro přiblížení dané problematiky.

V další kapitole je vysvětlena údržba jednotlivých částí odporového svařovacího zařízení. Je zde také uveden vliv údržby na provoz stroje a také ideové řešení podnikové směrnice.

Praktická část se zabývá údržbou konkrétního odporového svařovacího stroje a možností prověření, zda je možné sjednotit interval údržby s ostatními stroji. Další kapitola praktické části se zabývá prověřením přínosu nové svařovací technologie.

1 Systém údržby v obecné rovině

1.1 Základní pojmy

Cílem údržby je v co nejjednodušším pohledu udržet výrobní zařízení v provozuschopném a technicky dobrém stavu při vynaložení optimálních nákladů. V mnohých společnostech je tento úkol velmi obtížný protože údržba je procesem pro který je nutné vynaložit určité finanční prostředky, sílu a techniku. Údržba ale také velký přínos pro každou společnost[1] :

- Odstranění následků opotřebení
- prodloužení životnosti stroje
- zvýšení provozní spolehlivosti

Systém údržby je možné základně rozdělit takto:

Vnitřní členění z hlediska obsahu [1]:

- Udržování (autonomní údržba) – čištění, ošetřování, základní mazání atd. snižuje opotřebení
- Opravy – vrácení objektu do původního stavu – odstranění následků opotřebení
- Kontrolně inspekční a revizní činnost – technická diagnostika, prohlídky, revize – zjištění míry opotřebení

Z hlediska zabezpečení a jeho forem [1] :

- Údržba vlastní – společnost si vybuduje vlastní opravárenskou dílnu
- Dodavatelský způsob – činnost provede externí společnost
- Servisní služba – se základními okruhy – služby metodicky – informační, technická pomoc, diagnostické služby

Z časového hlediska [1]:

- Preventivní údržba (naplánovaná údržba) – předchází škodám při havárii
- Korektivní údržba (neplánovaná údržba) – oprava po poruše

1.2 Základní pojmy a požadavky na údržbu ve vztahu k hmotnému majetku

Údržba je důležitou součástí řízení integrované péče o hmotný majetek a je procesem kombinujícím technické, technologické, řídicí, ekonomické a administrativní činnosti, které směřují k zachování nebo obnovení stavu hmotného majetku splňujícím všechny požadované funkce. [6]

Přímou souvislost s kvalitou výroby má efektivnost údržby, která má přímý vliv na tržby a výrobní náklady. Kvalitní údržba daného hmotného majetku zajistit co nejdelší dobu používání při maximálním objemu produkce. [6]

Údržba musí zajišťovat plnou způsobilost hmotného majetku, ale nezatížit provoz podniku neúměrnými náklady. Správně využívané a dobře udržované výrobní zařízení má vliv při optimalizaci nákladů na vyšší zisk podniku. [6]

1.3 Postavení údržby v podniku

Podniky procházejí ve všech vyspělých tržních ekonomikách významnými změnami, které jsou dlouhodobé a ovlivňují podniky jako celek, ale i všechny jejich útvary a zároveň mají významný vliv na postavení údržby v podniku. [6]

Významným faktem je, že proces údržby ovlivňuje produktivitu výroby, přispívá k jejímu zvyšování a podílí se na vytváření přidané hodnoty procesů. To se projevuje např. snížením negativních důsledků poruch a optimalizací investičních nákladů.

Významným prvkem efektivnosti celého podniku je způsob řízení údržby. V moderních metodách se zvyšuje spolehlivost, řízení majetku, efektivní využívání, řízení zásob a řízení rizik. Důležitá je integrace výroby a údržby hmotného majetku. Moderně řízená údržba se efektivně stará o hmotný majetek, je schopna předcházet poruchám a výpadkům ve výrobě. [6]

Moderní podnik by měl ustupovat od klasických metod a prosazovat řízení hmotného majetku, které je souborem pravidel, metod a postupů pro optimalizaci vlivu nákladů, výkonnosti a rizik. Systematické sledování a analýza provozu, informace a komplexní systémy monitorování strojů jsou moderní a důležité nástroje koncepce managementu majetku a jeho údržby. [6]

1.4 Strategie údržby jako součást strategie podniku

Management se zabývá koordinací zdrojů k dosažení stanovených cílů údržby. Na strategii údržby přímo závisí dosažené výsledky ve středně a dlouhodobém horizontu. [6]

- **Strategický management**

určuje záměry rozvoje podnikové údržby, dlouhodobě plánuje cíle, zajišťuje vhodné podmínky např. organizační strukturu, získání zdrojů a tvoří organizační pravidla. [6]

- **Taktický management**

specifikuje, konkretizuje a zpracovává strategické záměry, úkoly a rozpočty. Vytváří programové cíle ke zlepšování a zvyšování produktivity, kritéria měření výkonu, zdroje a specifické cíle. [6]

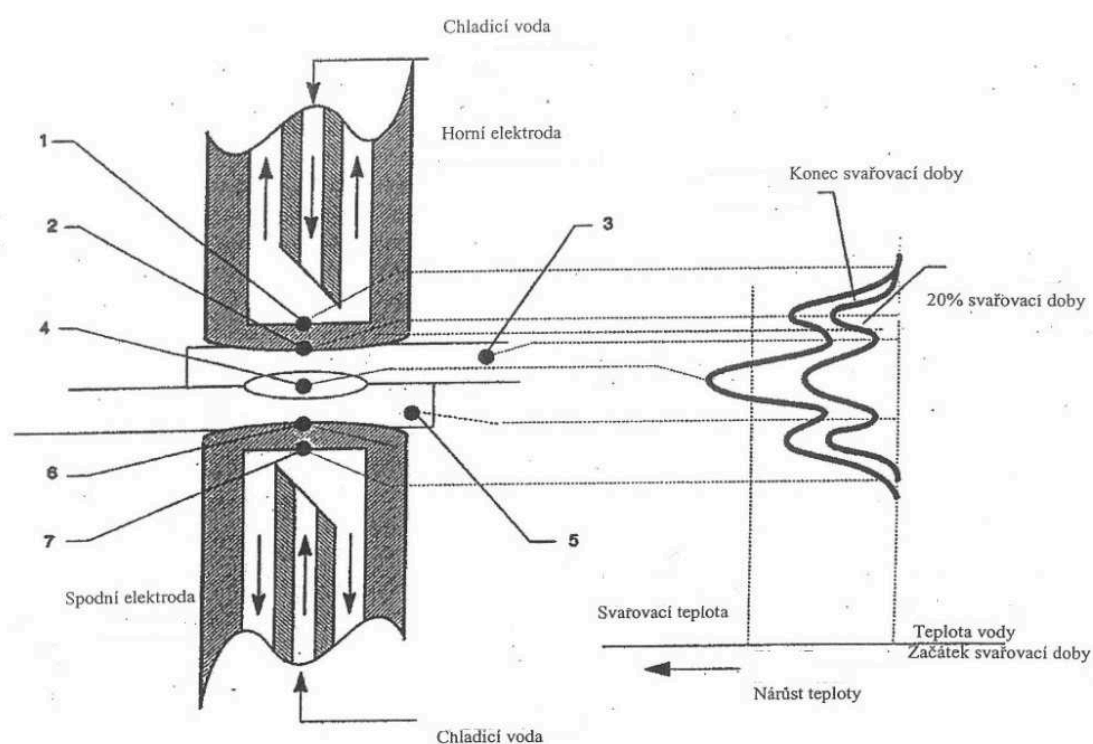
- **Operativní management**

zabezpečuje řešení aktuálních problémů, poruch a nedostatků, průběh činností, kontrolu přímého používání prostředků a zdrojů, standartní rozhodnutí, zabezpečení cílů dle předepsaných pravidel a metod. [6]

2 Odporové svařování

2.1 Základní princip odporového svařování

V odporovém svaru jsou nejdůležitější tři vstupní svařovací prvky: proud, tlak elektrody a čas. Princip odporového svařování je založen na průchodu elektrického proudu svařovaným materiálem a jeho natavením základního materiálu v místě největšího přechodového odporu.



Obrázek 2.1 Odporové svařování [7]

1. Horní elektroda
2. kontakt mezi horní elektrodou a horní deskou
3. horní deska
4. Kontaktní plochy mezi horní a spodní deskou
5. Spodní deska
6. Kontakt mezi dolní elektrodou a dolní deskou
7. Spodní elektroda

Průběh tepla

Optimální podmínka pro svařování nastane, je – li veškerý odpor soustředěn pouze do místa styku mezi elektrodami. Typický svar se skládá ze tří úrovní odporů. (obr. 2.1)

Odpor při svařování

Na typickém průběhu tepla, zobrazeném na obr. 2.1 je většina tepla soustředěna v bodě 4, kde je nejvyšší úroveň odporu. Další nejvyšší úroveň odporu je v bodě 2 a 6. Úroveň tepla v těchto bodech by měla vzrůstat pomaleji než je v bodě 4. Teplo v bodě 2 a v bodě 6 je odvedeno vodou při chlazení elektrod, zatímco teplo v bodě 4 je zachyceno a je tedy největší.

Kontaktní plochy

Kontaktní plochy zahrnují elektrody a svařovaný materiál, Aby se snížil odpor na koncích elektrod, musí obě elektrody čisté. Jakékoliv nečistota a okuje mezi elektrodou a materiálem mohou způsobit výprsky (výstřel), oxidace povrchu, vytváření důlků v elektrodách a ztrátu tepla v místě sváru.

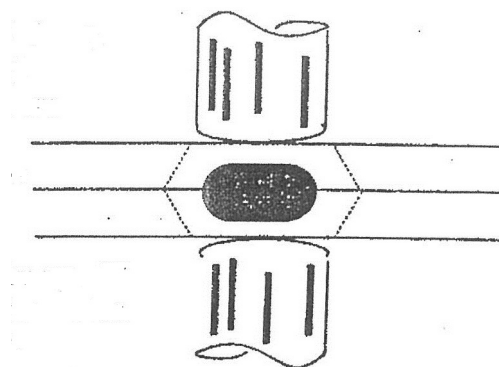
Časování

Správné časování umožňuje, aby svar dosahoval správné teploty a růstu. Svařovací čas přímo ovlivňuje velikost svaru. Správné vyvážení mezi hodnotami proudu a času je důležité pro konečné rozměry svaru. Příliš dlouhá doba ohřevu při dané hodnotě proudu může přispět k deformaci základního materiálu. Nadměrný ohřev a doba trvání zvětšují zónu ovlivněnou teplem až do doby. Naopak příliš krátká doba ohřevu může mít za následek poddimenzovaný svar. Nastavení časování závisí na typu svařovaného materiálu.

Tvoření svaru - tlak

Ve vytvoření optimálního svaru jsou důležité již výše zmíněné faktory. Roztavený materiál musí být obsažen i v tlakovém prstenci (obr. 2.2), který vytvářejí elektrody a který musí mít možnost správným způsobem chládnout. Velikost prstence závisí také na velikosti a použité přitlačné síly. Při použití daného tlaku a proudu se kovy začnou tavit na styčných plochách. Jak svařování pokračuje, roztavený kov se rozpíná a vytváří vnitřní tlak. Použitá síla elektrody kolem svaru vytváří určitou „tlakovou nádobu“ - zápustku, která obsahuje roztavený materiál. Tato zápustka je příliš malý prostor a při nedokonalém

lícování může část roztaveného kovu unikat. Tomuto jevu se říká vytlačování a může způsobit poddimenzovaný svár, pórovitost svaru a trhliny.



Obrázek 2.2 – Tvoření sváru [7]

Ve chvíli když svár dosáhne požadované velikosti, může být svařovací proud vypnut. Teplo z roztaveného materiálu přechází do chladnějšího materiálu v okolí svaru, čímž se umožní tuhnutí roztaveného kovu. Pokud jsou parametry správně nastavené, pak je dostatečné množství kovu ve svaru.

Když svar chladne, tak dochází ke smršťování. Přítlak elektrody zůstává ale zachován z důvodu funkce lisování a také, aby se zamezilo vzniku prasklin a pórů ve svaru. Jakmile dojde k vychladnutí svaru, tlak se vypne. Pokud by se tlak vypnul předčasně, může se vytvořit nedostatečný svar. Nastavení svařovacích prvků vždy závisí na druhu materiálu.

Výhody odporového svařování [3]:

- vytvoření spoje bez použití přídavného materiálu
- velká rychlost svařování
- možnost svařovat i materiály jinými způsoby obtížně svařitelné
- malá tepelně ovlivněná oblast oproti tavnému svařování

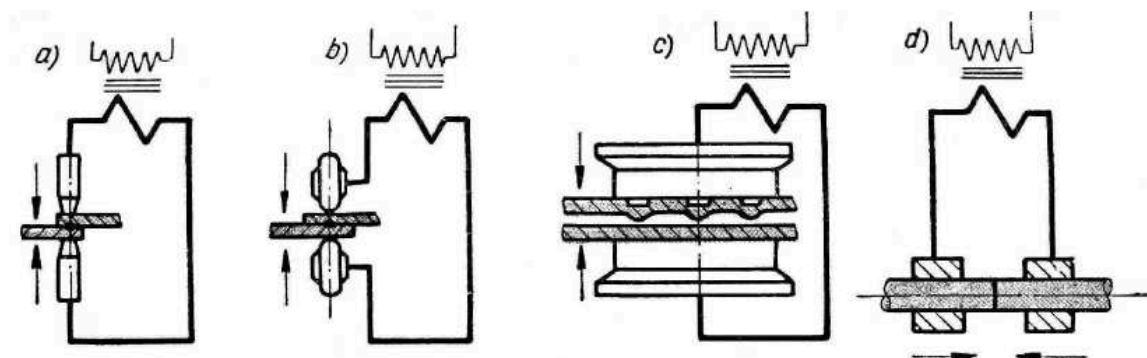
Nevýhody odporového svařování:

- obtížná kontrola svaru, svar je skrytý uvnitř svařence. Nutno použít destruktivní zkoušky k ověření kvality svaru (metalografická kontrola).
- čas při destruktivních zkouškách na vzorcích
- speciální vybavení pracoviště pro ověření kvality svaru

2.2 Základní rozdělení odporového svařování

Dle typu je možné odporové svařování rozdělit takto [3] :

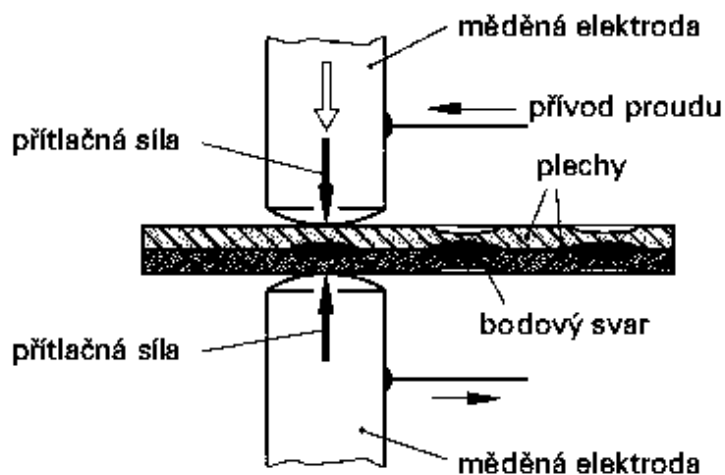
- bodové – vytvoření spoje mezi přeplátovanými dílci v podobě svarových čoček
- švové – spoj je vytvořen souvislým svárem pomocí kotoučových elektrod
- výstupkové – spoj je cíleně vytvořen v místě výstupků přirozených nebo záměrně vytvořených
- stykové – svařované dílce se svařují po celé styčné ploše pomocí přitlačení



Obrázek 2.3 Rozdělení svařování, a) bodové, b) švové, c) výstupkové, d) stykové [5]

2.2.1 Bodové svařování

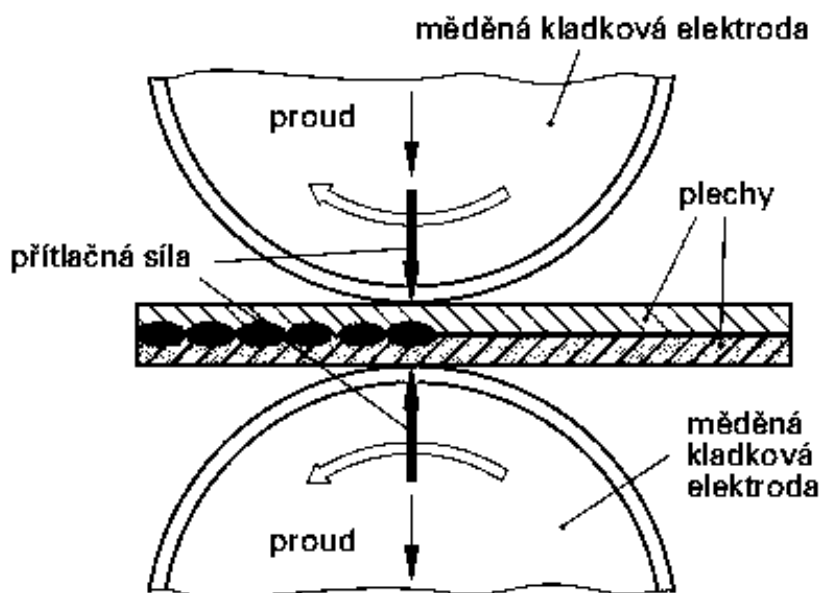
Je to druh odporového svařování, při kterém je spoj vytvořen ve tvaru svarových čoček. Body mohou být jednotlivé nebo překryté (obdoba švového svařování). Dílce bývají přeplátované[3]



Obrázek 2.4 Bodový svár

2.2.2 Švové svařování

Je druh odporového svařování, při kterém se spoj vytvoří pomocí kotoučových elektrod v podobě souvislého nebo přerušovaného svaru. (obr. 2.5) Svařované dílce bývají většinou přeplátované. Přeplátování je z pravidla větší než činná plocha elektrody, aby se zamezilo deformaci okraje svařovaných dílců a výstřikům roztaveného kovu. Provedené svary mohou nebo nemusí být těsné vůči plynům a kapalinám. Těsnost sváru závisí na parametrech svařování. Podmínky tepelné rovnováhy jsou shodné s podmínkami bodového svaru, průměr špičky elektrody nahrazuje šířka kotoučové elektrody.[3][5]



Obrázek 2.5 Švový svár

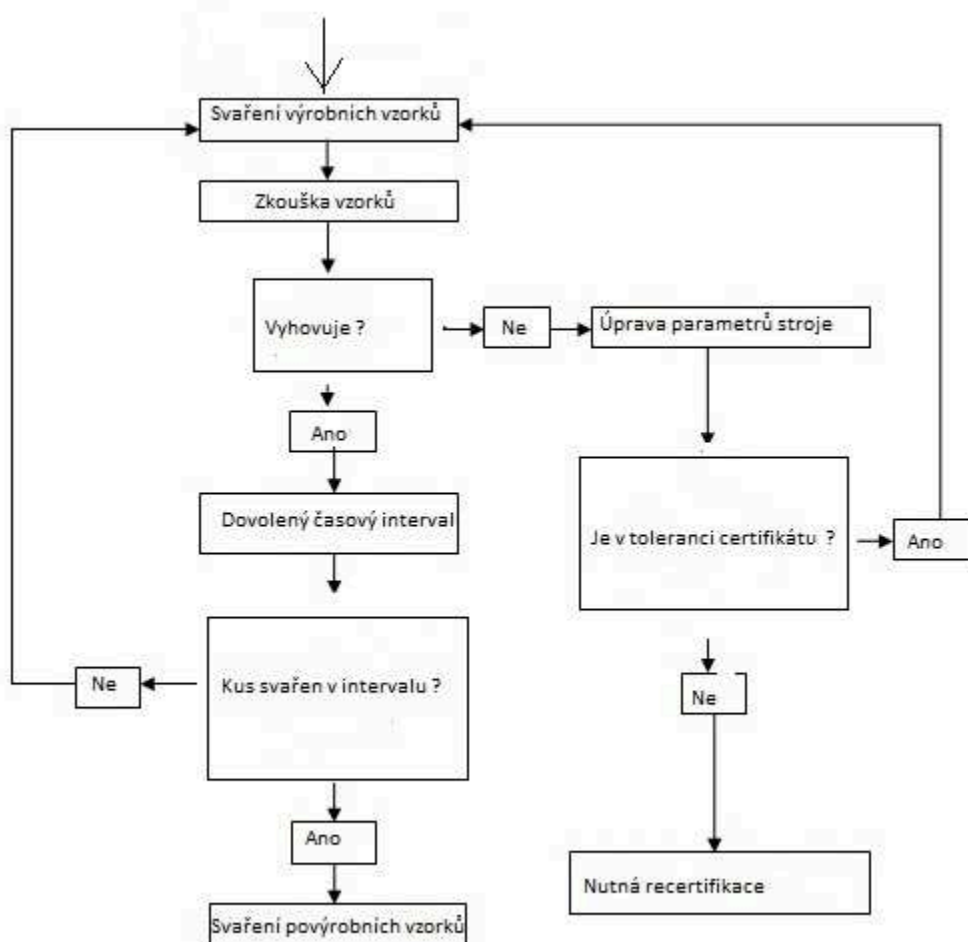
2.3 Proces odporového svařování

V podnicích kde je zaveden proces odporového svařování je nutné také tento proces řídit směrnicemi a pravidly vzhledem k systému kontroly jakosti svarů.

2.3.1 Proces odporového svařování

Na níže uvedeném schéma lze vidět proces odporového svařování.

Vzhledem k problematické kontrole odporového svaru platí ve většině systém odporového svařování na obrázku č.2.6.



Obrázek 2.6 Schéma odporového svařování

Nejprve je nutné připravit výrobní vzorky. Vzorky by měly simulovat svařování skutečného kusu. Vzorky tedy musí být zhotovené ze stejného materiálu jako následně svařovaný kus. Povrchy vzorků se očistí od oxidů, mastnoty a jiných cizích látek.[8]

Parametry a nastavení stroje při svařování vzorku musí být nastaveno dle certifikátu, který je vystaven na svařování skutečného kusu. Po svaření vzorků je nutné je vyhodnotit. Pokud jsou vzorky vyhovující, je možné v daném časovém intervalu svařovat kusy. Když jsou vzorky nevyhovující, je možné v rámci certifikátu měnit parametry stroje a následně vzorky svařit znovu až budou vyhodnoceny jako vyhovující. Pokud by hodnoty přesahovaly certifikát, je nutné recertifikovat. Po vyhovujících vzorcích se kusy musí stihnout svařit v daném časovém intervalu, jinak je nutné svařit opět vzorky a je možné pokračovat. Po skončení svařování je ještě nutné svařit po výrobní vzorky, které musí být také vyhodnoceny[8]

2.4 Hodnocení jakosti odporového svaru

Aby bylo dosaženo vyhovující kvality svaru, je nutné dodržet tyto pokyny[4]:

- sestavení vhodného plánu svařování
- zvolit vhodný stoj pro daný svar
- vést dostatečné záznamy
- sestavit podrobné výrobní postupy, které zajistí dodržení rozměrů a parametrů svaru

Pokyny kontroly pro hodnocení svaru se liší dle svařovaného materiálu, avšak v základu zůstávají stále stejné. Některé kontroly je možné hodnotit vizuální metodou a u některých je nutné použít mikroskop[4].

2.4.1 Vizuální kontrola

Při vizuální kontrole nelze přesně určit, zda je svar vyhovující nebo ne, ale lze detekovat minimálně tyto vady[10] :

- Spálení povrchu (oxidace povrchu)
- prohlubeniny
- vruby
- vytlačení u okraje sváru

2.4.2 Zkouška odlupováním

Princip této zkoušky je ve vypáčení vrstev a následné odlupování jedné vrstvy po druhé. Pokud se svár vytrhne z dané vrstvy, je vyhovující. Pokud se svar poruší přestřížením je nevyhovující. [3][10]

2.4.3 Zkouška krutem

Spočívá ve zkroucení obou vrstev. Kroutící moment a úhel, který je potřebný pro vytržení slouží jako porovnání pevnosti a ohebnosti sváru. Vhodnější je tahová zkouška.

2.4.4 Zkouška tahem

Vzorek je upnut do přípravku a umístěn do tahového stroje. Vzorek je namáhán tahem. Síla potřebná pro odtržení je výsledná pevnost v tahu

2.4.5 Zkouška makroskopickým leptáním

Na vzorcích se provádí metalografická kontrola dle svařovací normy AWS D17.2 (v letecké výrobě) – vzorek plechu o délce 300 mm a šířce min. 40 mm. Provedou se zde 4 podélné a 4 příčné makrovýbrusy. [10]

3 Odporové svařovací stroje

Podle konstrukce je možné svařovací odporové stroje rozdělit takto [4] :

1. Podle typu svaru (bodové, švové, výstupkové, stykové)
2. Podle specializace (universální, jednoúčelové)
3. Podle druhu svařovacího proudu (střídavý, stejnosměrný, akumulovaný, stejnosměrný impuls)
4. Podle způsobu zatížení sítě (jednofázově, trojfázově)
5. Podle konstrukce (stabilní stojanové, stabilní stolní, pohyblivé se sekundárními kabely, pohyblivé se zabudovaným transformátorem)
6. Podle počtu svařovacích míst (jednomístné, dvoumístné, vícemístné)
7. Podle stupně automatizace (bez automatiky, poloautomatické a plně automatické)
8. Podle druhu zařízení (reléové kontaktní, elektronické)
9. Podle druhu pohonu (lidskou silou, elektromotorem, pneumaticky, hydraulicky)

Již ze základního rozdělení strojů lze vidět, že typů se vyrábí mnoho. Každý stroj má specifické požadavky na údržbu a provoz. Je tedy nezbytné, aby byly dodrženy podmínky provozu a údržba předepsaná výrobcem. Ke každému stroji je standardně technická dokumentace od výrobce, kde je údržba ať už podrobně nebo stručně vždy popsána.[4]

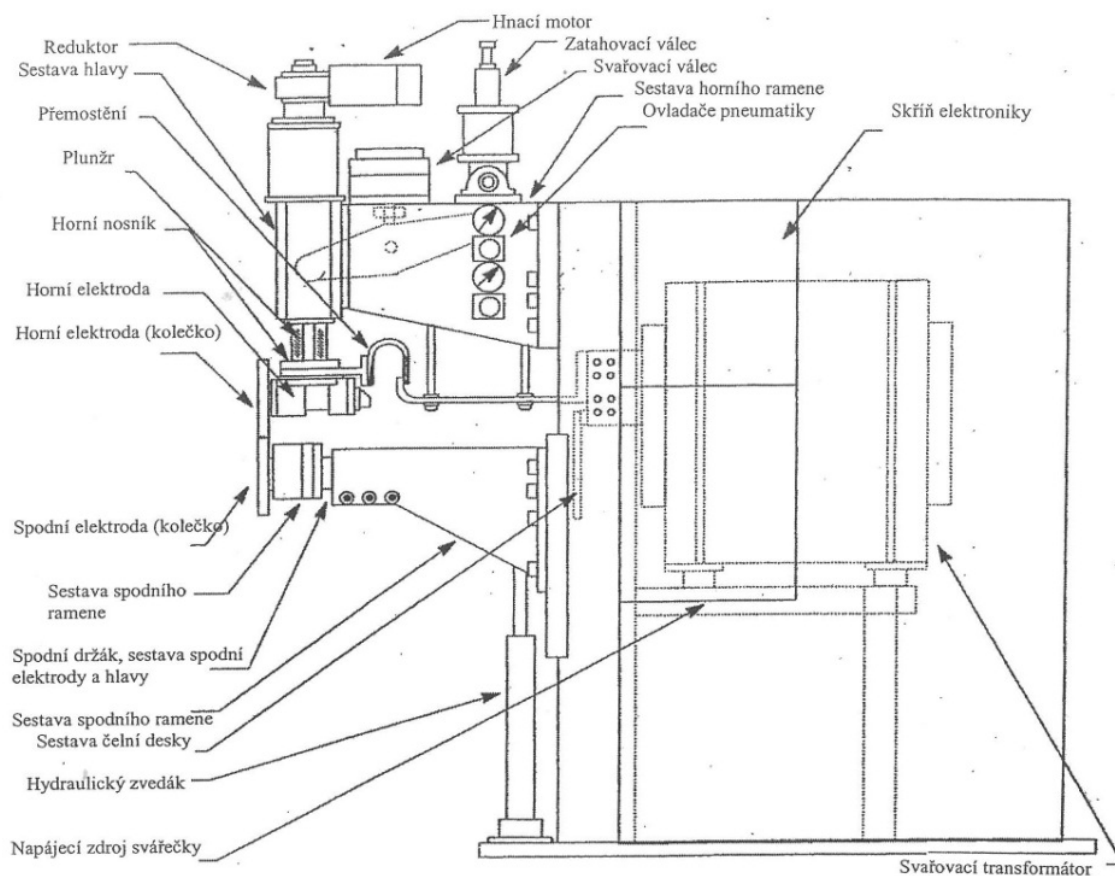
Technická dokumentace musí obsahovat výkresy a vysvětlivky nutné k instalaci zařízení, uvedení do provozu a běžné údržbě. Je důležitou pomůckou pro údržbáře hlavně u strojů se specifickými parametry.[4]

3.1 Typy odporových strojů

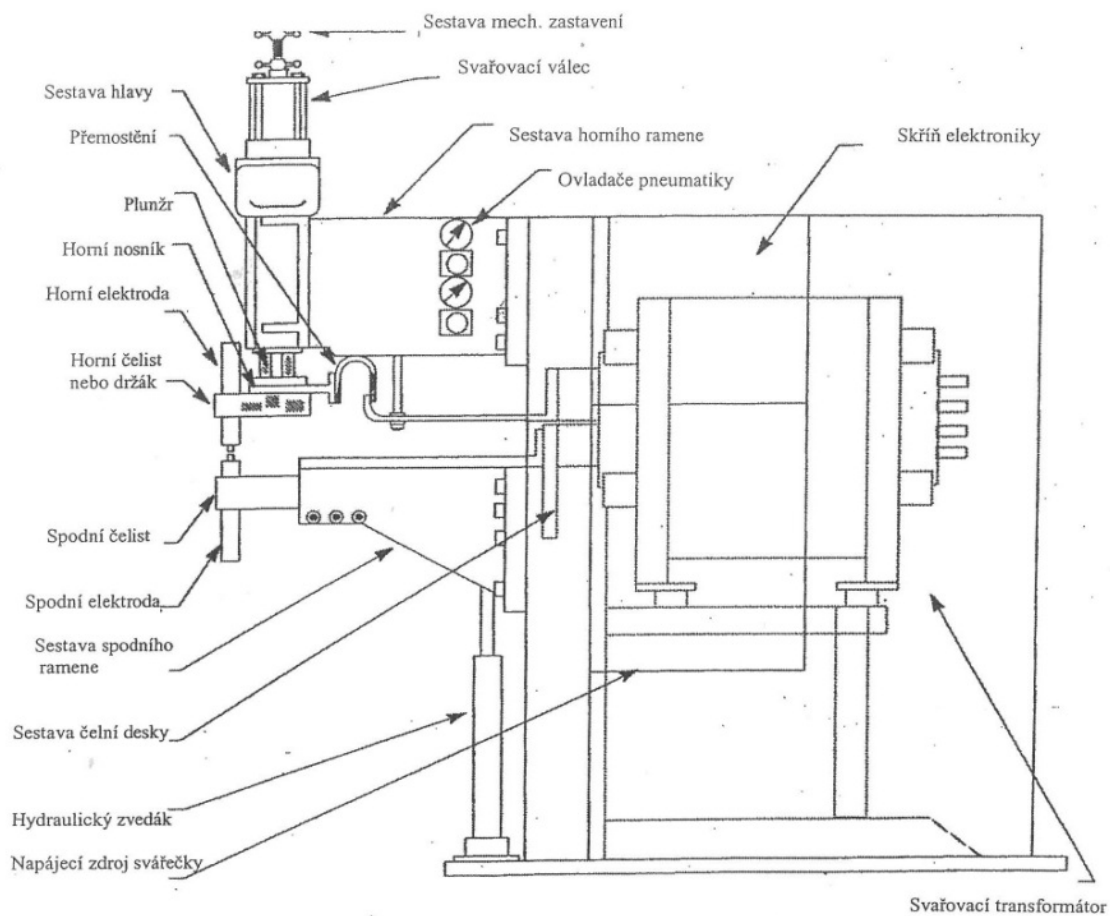
Nejčastěji používanými stroji jsou švové a bodové svářečky. Proto v níže uvedených kapitolách budou stroje stručně popsány.

3.1.1 Bodové a švové odporové svařovací zařízení

Odporová svářečka se skládá ze zdroje svařovacího proudu umístěného v kostře stroje, pomocných elektrických přístrojů spínacích a regulačních, z přívodů elektrického proudu ke kotoučovým elektrodám a mechanismů, které vyvozují sílu pohybu elektrod. [4]



Obrázek 3.1 Švové odporové svařovací zařízení [7]



Obrázek 3.2 Bodové odporové svařovací zařízení [7]

3.2 Hlavní konstrukční části odporového svařovacího zařízení

Stroj je vhodné rozdělit nejen po stránce funkční ale i konstrukční takto [4] :

1. Svařovací transformátor

Přizpůsobuje proud a napětí impulsu, který přichází z napájecí části na hodnotu, která odpovídá pracovnímu odporu mezi elektrodami.

2. Regulátor výkonu

Mění efektivní hodnotu sekundárního napětí transformátoru a tím tepelný výkon ve svaru.

3. Sekundární obvod

Tvoří sekundární přívody a svařovací elektrody

4. Spínací a napájecí část

Spíná nebo přerušuje primární proud svařovacího transformátoru nebo také mění charakter elektrické energie, usměrňuje.

5. Řídicí a signalizační část

Řídí časový sled svařovacích parametrů případně reguluje jejich velikost a také signalizuje průběh pochodů. (ovládací panel, inventar)

6. Část vyvozující sílu mezi elektrodami

Je ústrojí, které mění lidskou sílu, tlak prostředí nebo elektromagnetickou sílu na sílu mezi svařovacími elektrodami. (pneumatický systém)

7. Chladicí okruh

Cílem je odvést ztrátové teplo z okruhu a tím udržet konstantní provozní teplotu.

8. kostra a kryty a bezpečnostní prvky

3.2.1 Svařovací transformátor

V odporových svařovacích strojích se používá více typů transformátorů, mohou se lišit po funkční i konstrukční stránce. Základně mohou být rozděleny na jednofázové a třífázové

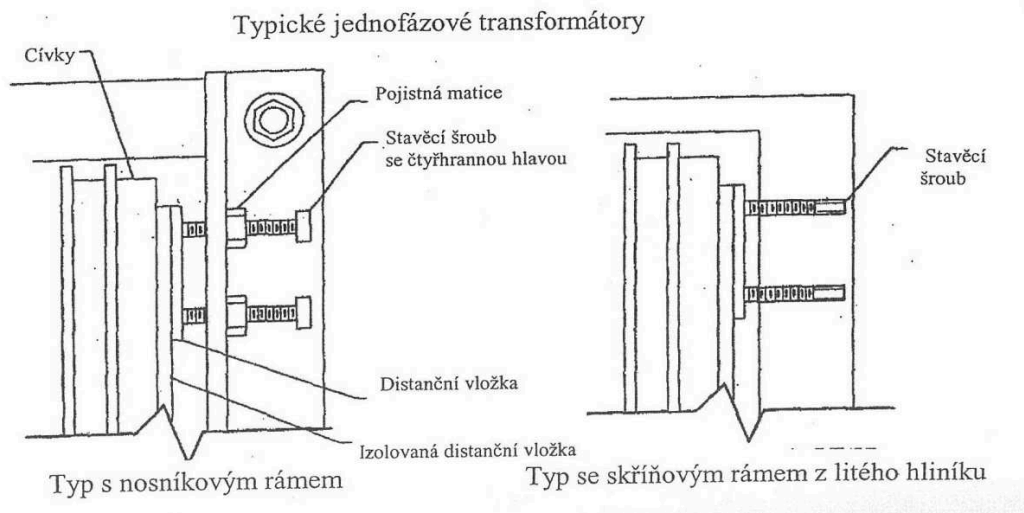
Třífázový transformátor

Většina z těchto třífázových transformátorů je uchycena v rámech z ocelových nosníků. Cívky jsou mezi nosníky přichyceny šrouby se šestihrannou hlavou s pojistnými maticemi a distančními vložkami. Každý nosník má závity na daný počet šroubů. Počet a velikost šroubů závisí na velikosti transformátoru. Každý šroub je zajištěn maticí a tlakem na montážní celek distanční vložky svírá cívku.[7]

U většiny montážních celků transformátorů jsou šrouby, které svírají cívky, umístěné na všech čtyřech stranách. U větších jednotek jsou upínací stavěcí šrouby také ve střední cílce. Tyto stavěcí šrouby s hlavou s vnitřním vybráním jsou pružinové a nemají pojistné matice. [7]

Jednofázový transformátor

U jednofázových transformátorů se používají dva hlavní typy rámců – rám s ocelovými U (90°) nosníky a skříňový rám z litého hliníku. Následující ilustrace ukazují tyto dva rámy.



Obrázek 3.3 Transformátor [7]

3.2.2 Chladicí okruh

Rozvod chladicí vody je složen ze spojovacího potrubí a několika jednoduchých přístrojů. Chladicí rozvod je možné rozdělit [4] :

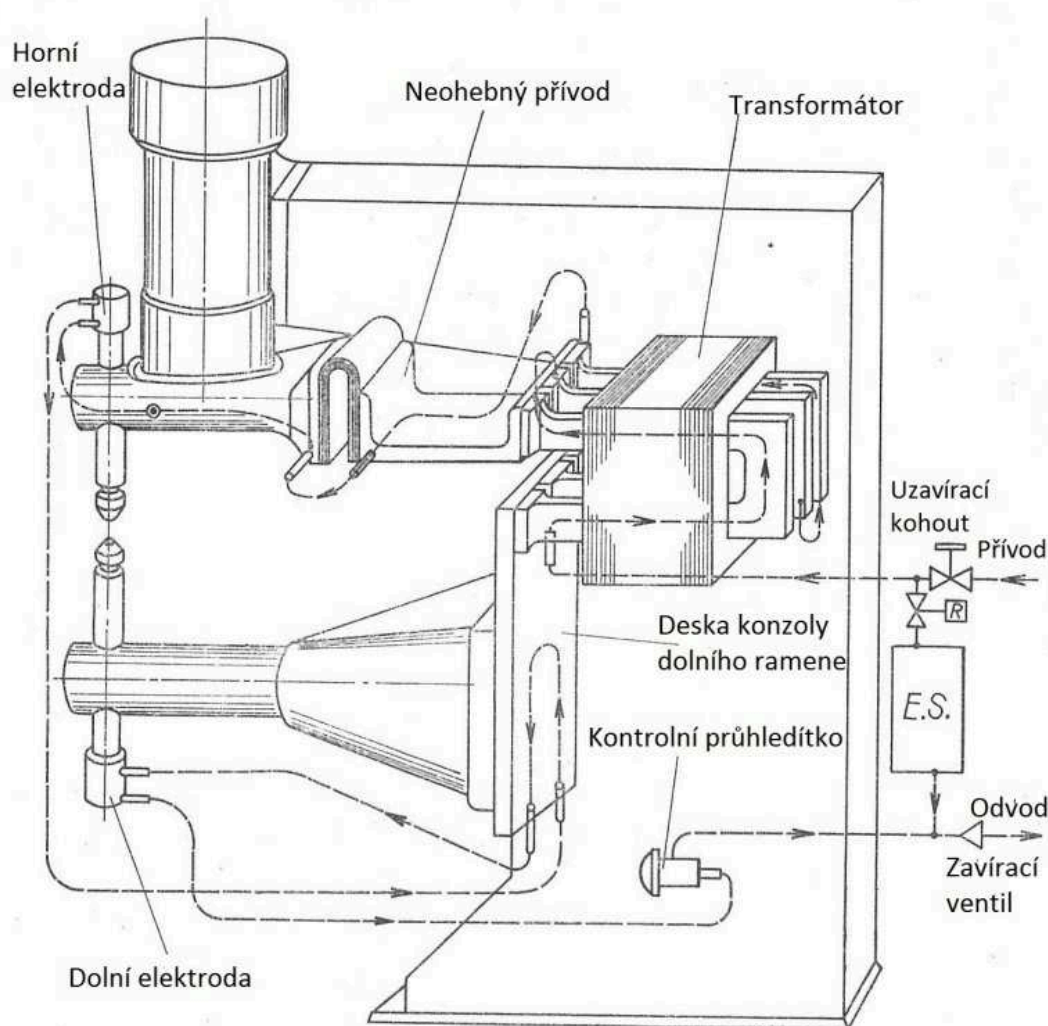
- podle tlaku odpadní kapaliny na tlakové a beztlakové
- podle spojení chladicích obvodů v rámci napájení celé skupiny
- na uzavřené a otevřené obvody

Hodně používané jsou obvody beztlaké – otevřené, u této varianty voda přitéká stále čerstvá a následně odtéká do odpadu. Výhoda je jednoduchost obvodu a snadná kontrola funkčnosti. Nevýhodou je vysoká spotřeba vody, zmenšování světlosti chladicích kanálů a usazování minerálů. U této varianty je vhodné použít vodní filtr.[4]

Další hodně používanou variantou hlavně při velkém strojním parku je uzavřený okruh pro celou skupinu. Odpadní voda je chlazená čerpadlem a pod tlakem znovu přivedena do okruhu stroje.[4]

Nejpoužívanější variantou ve velkých podnicích je kombinace tlakového – uzavřeného obvodu. Do stroje voda přitéká pod tlakem a následně do společné jímky pro všechny stroje odtéká přes zpětný ventil také pod tlakem. V jímce se chladí a filtruje a je vedena pod tlakem znova do stroje. Výhodou této varianty je úspora vody a nižší usazování minerálů v kanálech. [4]

Tato varianta je vyobrazena na obrázku 3.4. Z přívodu voda protéká přes hlavní uzavírací kohout. Část odbočuje a protéká přes škrťací kohout do elektronické skříně. Další část teče přes sekundár do transformátoru, dále přes neohebný přívod neboli rameno do nosiče horní elektrody. Potom protéká do horní elektrody a následně přes desku konzoly dolního ramene protéká do dolní elektrody. Z dolní elektrody protéká přes kontrolní průvodičko a zpětný ventil do odpadu. Kontrolní průvodičko slouží jako ukazatel průtoku, zda je průtok.[4]



Obrázek 3.4 Chladicí okruh [4]

3.2.3 Sekundární obvod

Sekundární obvod je velmi důležitou částí stroje. Jeho konstrukce ovlivňuje výkon a také poruchovost svařovacího zařízení

Skládá se z [4] :

- Sekundárního závitu (vinutí) – indukuje svařovací proud
- Přívodů – dovedení proudu až ke svařovacím elektrodám (vodivá ramena, upínací desky, vodiče elektrod, svařovací hlavy)
- Svařovací elektrody – dochází zde k převodu elektrické energie na teplo, jsou nejvíce namáhanou částí stroje jak mechanicky až desítky N/mm² tak tepelně od vznikajícího svaru.

Jako nejlepší konstrukční řešení z hlediska údržby by bylo vhodné, aby byl sekundární obvod z jediného kusu, v tomto případě by jeho údržba obsahovala pouze čištění. Sekundární obvod je však složený z mnoha dílů. Mezi stykovými plochami jednotlivých částí prochází velký proud a proto je tento obvod hlavním zdrojem poruch. Největším nežádoucím činitelem jsou přechodové odpory. Tyto jsou sice minimální, ale při větším průtoku proudu vzniká v důsledku těchto odporů teplo, které může spoj poškodit. Cílem preventivní údržby je tyto odpory udržet na minimální hodnotě. Čím jsou kontaktní plochy kovově čistší, hladší a čím jsou k sobě lépe přitaženy, tím jsou odpory nižší.[4]

3.2.4 Mechanismy pro vyvození svařovací a upínací síly

Mechanické převody

Nejjednodušším typem mechanismu pro vytvoření svařovací a upínací síly může být pákový, vačkový nebo také často šroubový převod. Jako zdroj výkonu bývá z pravidla elektromotor. Elektromotor je umístěn na konci hřídele. Je možno vidět na obrázku švovka. [4]

Pneumatické mechanismy

Pohyby ramen u bodových a švových odporového strojů se nejčastěji zajišťuje pneumatickým mechanismem. Je složen z jednoduchých válců a pístů. Mnohdy ale i u složitých strojů bývají složitější mechanismy.[4]

4 Údržba svařovacího zařízení

Cílem každé údržby je v nejjednodušším a základním pohledu udržovat výrobní zařízení v technicky dobrém a provozuschopném stavu při vynakládání optimálních nákladů. [1]

Údržba by měla také zajistit, co největší stálý výkon stroje a co nejdelší životnost stroje, ale také by měla zajistit bezpečnost při práci. Bezpečnost práce na odporových svařovacích strojích se řídí normami [4] :

- ČSN 05 0650 – bezpečnostní předpisy pro svařování odporem
- ČSN 05 2010 – Odporové svařovací stroje, technické požadavky a zkoušení. Odporové svařovací zařízení kontroluje a udržuje údržbář. Na toto zařízení se vztahuje norma
- ČSN 34 3800 – Revize elektrických zařízení, v níž je nařízena pravidelná revize, kterou vykoná kvalifikovaná osoba – revizní technik (údržba)

Moderní odporové svařovací stroje jsou poměrně složitá zařízení. Je zde potřeba zkušeností jak z elektrikářské profese, tak ze zámečnické profese. Údržby tedy jen stěží může provádět údržbář jedné profese. Z hlediska údržby stav stroje z hlediska bezpečnosti kontroluje a udržuje v rámci preventivní údržby údržbář příslušné kvalifikace. Ve velkých podnicích se stálou odbornou údržbou bývá revize jednotlivých částí elektrického zařízení např. měření izolačních odporů, měření přechodových odporů, kontrola uzemnění, kontrola jištění provedena také jmenovitě určenými pracovníky elektroúdržby. Jejich příslušná kvalifikace může být nižší než kvalifikace revizního technika. O revizích stroje musí být vedeny záznamy. Za odbornost a časový plán těchto revizí jsou také odpovědní.[4]

Preventivní údržba jsou cyklicky opakující se údržbářské činnosti v různých časových intervalech. Úkolem preventivní údržby je odstraňovat příčiny úrazu, udržet parametry stroje, omezit poruchy a prodloužit životnost stroje. Součástí preventivní údržby je také pravidelná denní péče, bez které by došlo k poškození stroje (mazání, úprava kontaktů, vyfukování vody, čištění povrchu stroje). Tuto údržbu vykonává zpravidla obsluha stroje. Hlavní složkou preventivní údržby jsou činnosti údržbáře. Náplní práce údržbáře je seřizování a čištění přístrojů, údržba sekundárního okruhu, údržba transformátoru a další.[4]

Odstraňování poruch jsou zákroky údržby při selhání činnosti stroje. Jejich výskyt se zvyšuje zanedbáním úrovně preventivní údržby. U preventivní údržby svařovacího zařízení je vyžadována znalost předpisů a norem, které souvisí jak s bezpečností, tak s odborné znalosti konkrétního zařízení. Jakýkoliv nesoulad s doporučenou údržbou může měnit parametry stroje a je zde riziko poruchy stroje ale také riziko vlivu na jakost sváru.[4]

4.1 Rozdělení stroje z hlediska údržby

Z hlediska údržby můžeme stroj rozdělit takto [4]:

- Elektrickou část silnoproudou - Tato část obsahuje svařovací transformátor, regulátory výkonu, sekundární obvod, napájecí a spínací část, poháněcí elektromotory, síťové spínače a jističe
- Elektrickou část pomocných a řídicích obvodů - Tuto část je možno rozdělit na řídicí obvody a pomocné obvody a také podle použitých prvků na obvody kontaktní a elektronické
- Strojní část - Tato část stroje obsahuje část vyvíjející přitlačnou sílu mezi elektrodami a další mechanické pohyby, obvody stroje pro rozvod chladicí vody, obvody tlakového prostředí, kostry a kryty

4.2 Údržba jednotlivých částí odporového svařovacího stroje

Údržba jednotlivých částí stroje je prováděna v různém rozsahu a v různých časových intervalech. Tyto intervaly závisí na výrobci stroje ale také na provozu, ve kterém se stroj nachází.

4.2.1 Údržba transformátoru

Požadavky na údržbu transformátoru, jsou dány velkými proudy od 2000 až 200 000 Ampér v sekundárním okruhu při malém napětí. Je vystaven elektromagnetickým silám, krátkodobě může být i přetěžován. Transformátor je také vystaven vnikajícímu prachu, mnohdy také oleji a vodě.[4]

Preventivní údržba transformátoru spočívá hlavně [4] :

- vizuální kontrola, zda nikde neuniká voda

- čištění a ochrany vlivu okolního prostředí, tj. vlhkost a následná koroze
- očištění tlakovým vzduchem od prachu
- údržba spočívá v upevnění transformátoru, které se má snahu vlivem působících sil uvolňovat.
- dotažení svorníků na svorkovnici
- odmaštění deskového vinutí případně povrchová úprava ve formě stříbření

4.2.2 Údržba sekundárního okruhu

Sekundární obvod je jednou z nejdůležitějších částí stroje jeho konstrukce a následná údržba ovlivňuje výkon, účinnost i poruchovost stroje. Jako nejlepší konstrukční řešení z hlediska údržby by bylo vhodné, aby byl sekundární obvod z jediného kusu, v tomto případě by jeho údržba obsahovala pouze čištění.[4]

Sekundární obvod je však složený z mnoha dílů. Mezi stykovými plochami jednotlivých částí prochází velký proud a proto je tento obvod hlavním zdrojem poruch. Největším nežádoucím činitelem jsou přechodové odpory. Tyto jsou sice minimální, ale při větším průtoku proudu vzniká v důsledku těchto odporů teplo, které může spoj poškodit. Cílem preventivní údržby je tyto odpory udržet na minimální hodnotě. Čím jsou kontaktní plochy kovově čistší, hladší a čím jsou k sobě lépe přitaženy, tím jsou odpory nižší. Stěžením pro údržbu a kontrolu stroje je tedy pravidelné měření těchto přechodových odporů. Interval tohoto měření ve většině případů předepisuje výrobce. Většinou se ale jedná o týdenní intervaly. Výsledky měření se mohou zapisovat do záznamníku stroje, aby bylo možné před započatím práce nahlédnout, zda kontrola proběhla a stroj je schopen provozu.[4]

Údržbu sekundárního okruhu můžeme rozdělit [4] :

- Údržby šroubových spojů pevných
- Údržbu šroubových spojů uvolňovaných při seřizování
- Údržba jednotlivých vodivých částí
- Údržba elektrod

V rámci údržby sekundárního obvodu je stěžením již zmíněné měření přechodových odporů na jednotlivých uzlech nebo v celém okruhu. [4]

Toto měření má kontrolní význam. Dokáže upozornit na [4][8] :

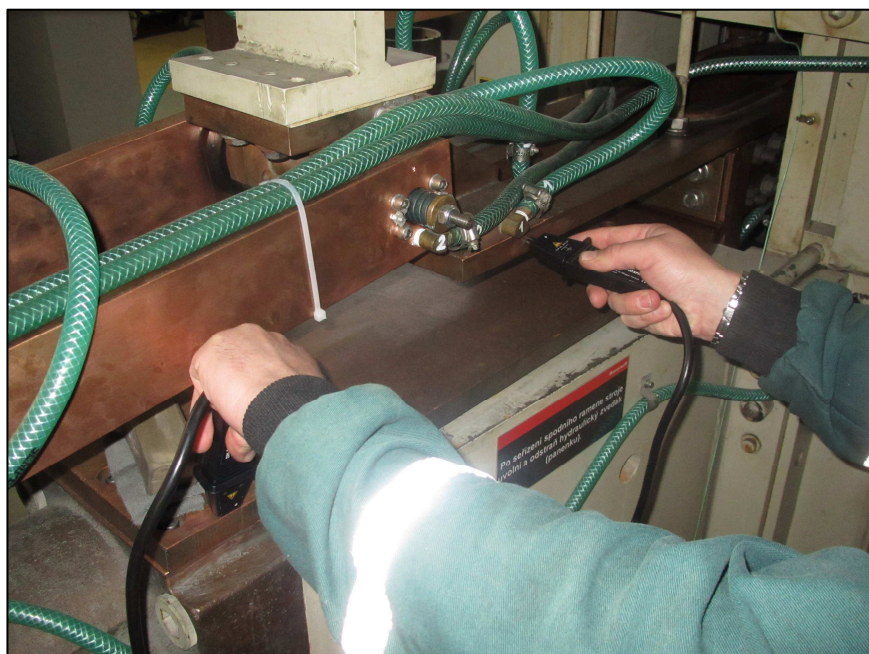
- špatně provedené spoje
- použití vodiče nesprávného průřezu
- ztráty ve vinutí

Na obrázku 4.1 lze vidět měření přechodových odporů na celém sekundárním obvodu. Měření se provádí dotykem hrotů měřícího přístroje, mezi čelem hlavy horního a dolního ramene. Mezní hodnotu této zkoušky předepisuje výrobce. Celkový odpor u nového střídavého stroje se ohybuje v rozsahu 80 mΩ až 150 mΩ. Měření se provádí většinou v týdenních časových intervalech, to závisí na interních předpisech firmy. [4][8]



Obrázek 4.1 Měření přechodového odporu celku [8]

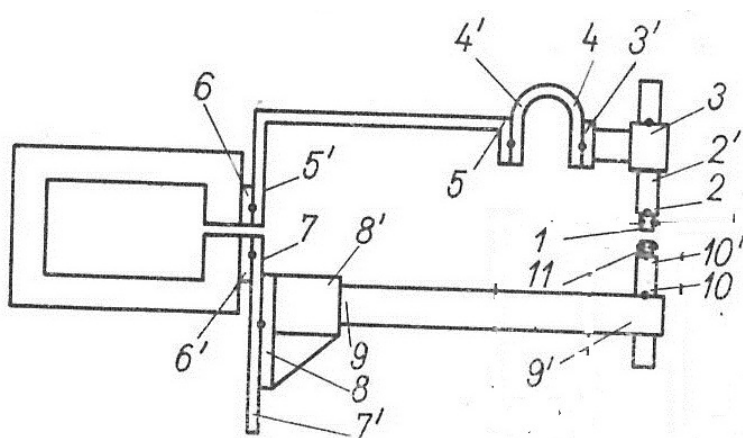
V případě, že nevyjde mezní hodnota celku, lze dále v měření pokračovat v dalších uzlech, aby šlo jednoznačně detekovat, ve které části stroje došlo k nepřiměřenému stoupnutí odporu. Na obrázku 4.2 lze vidět měření přechodového odporu na zadním uzlu, tudíž není v měření zahrnutý celý sekundární obvod, ale měří se odpor na transformátoru. Tímto postupným měřením lze identifikovat, v jakém uzlu je vysoký přechodový odpor.[4][8]



Obrázek 4.2 Měření přechodového odporu uzlu [8]

Při typové zkoušce se pro kontrolu měří odpory všech částí a přechodů mezi body označenými na obrázku čárkou. Při použití správného materiálu a správné montáže se odpory pohybují v těchto hodnotách [4] :

- šroubový spoje pevný 2 mΩ až 8 mΩ
- šroubový spoj uvolňovaný 4 mΩ až 12 mΩ
- spoj klouzavý 8 mΩ až 20 mΩ
- funkčně přerušovaný styk 6 mΩ až 18 mΩ
- celkový stroj střídavého napětí 80 mΩ až 150 mΩ



Obrázek 4.3 Schéma měření přechodového odporu [4]

4.2.3 Údržba elektrod

Důležitá je také údržba elektrod. Jelikož dochází k deformacím, čelo elektrody musí být udržováno co nejbližší ke svému původnímu tvaru. Pokud se zvětší průměr čela a parametry stroje zůstanou zachovány, tak se mění hustota proudu na mm^2 . Čelo elektrody podléhá otěru, je tedy nutné jeho profil obnovovat čištěním. Kotoučové elektrody pro švový stroj se obrábí, tím se zajišťuje požadovaná geometrie svařovací elektrody.[5][8]

4.2.4 Část vyvozující sílu mezi elektrodami

Údržba této části stroje se odvíjí od toho, jakou formou je síla přenesena. Viz konstrukce. Obvykle je omezena na čištění a důležitá je také kalibrace přítláčné síly. Kalibraci doporučuje výrobce stoje, který by ji měl také vykonat za určitý časový interval.[4][8]

4.2.5 Preventivní údržba chladicího okruhu

V rámci preventivní údržby se provádí [4][8] :

- kontrola vyčištění záchytného sítka v obvodu
- celková kontrola těsnosti spojů potrubí před zahájením a skočením práce.
- kontrola měrného odporu – neměla by přesáhnout 2600 ohm/cm
- kontrola celkové čistoty chemickým rozbořem vody. Nedoporučuje se používat značně chlorovanou nebo minerály obsahující vodu.

4.2.6 Údržba kostry, krytů

Údržba se provádí ve formě čištění od nečistot, oleje, vody. V rámci údržby se také provádí obnovování nátěru. Probíhá také kontrola čitelnosti funkčních, bezpečnostních a výstražných nápisů. [4]

4.3 Ideové řešení včetně metodiky

Každý moderní podnik, který má ve svém strojním parku odporové svařovací stoje by měl vypracovat přesné směrnice cyklické údržby a plánu preventivní údržby.

V ideálním případě je vhodné sestavit směrnici, která bude přesně určovat časový interval daného kroku a také jaká obsluha tento krok provádí.

Za směrnici obvykle zodpovídá inženýr údržby, který by měl při sestavování vycházet z informací od výrobce stroje. Měly by být respektovány jeho doporučení intervalu a rozsahů práce. Mnohdy jsou stoje zastaralé a je možné tyto intervaly rozšířit na základě zkušeností s konkrétním stojem nebo také po testech, kdy je ověřeno, že úprava intervalu nemá vliv na proces.

Plán údržby je možné sestavit dle časového intervalu:

- Denní
- Týdenní
- Čtvrtletní
- Půlroční
- Roční

Dále je plán údržby také možno sestavit dle kvalifikace osoby

- Obsluha stroje
- Seřizovač
- Údržbář
- Elektrikář
- Revizní technik
- Výrobce

5 Praktická část

5.1 Historie HAO

Roku 1870 byla založena akciová společnost Moravia. Tato společnost vlastnila i závody v Mariánském Údolí. Závody Moravia vyráběly plynové spotřebiče, odlitky ze šedé litiny a díly leteckých motorů, které byly vyváženy téměř do celého světa. V roce 1951 byla založena „Speciálka“ letecký závod jako výrobní závod Mory Moravia.

Vyráběny byly díly pro proudový motor M 05, později pak M 05 FA pro stíhací letouny MIG 15 a MIG 17, motor M 0 pro bombardovací letouny IL 28. V roce 1961 se začal vyrábět motor pro letouny Aero L 29 „Delfín“, dále byl vyráběn M 701, dvouproudový AI 25 W (rok 1967) pro Aero L 39 „Albatros“, turbovrtulový motor M601 pro malé dopravní letouny Let L 410 v roce 1971, turbospouštěč Saphir pro cvičné letouny Aero L 39 „Albatros“. V roce 1970 byla podepsána s První brněnskou strojírnou ve Velké Bíteši licenční smlouva na generátor vzduchu Saphir 5. [7]

Pro výrobu dílců pro motor M 601 byla postavena v roce 1971 nová hala, Mora začala vyrábět statorové a žárové části motoru M601. Následně v 80. letech byly vyráběny technologicky velmi vyspělé motory M-602 a DV-2 pro cvičný letoun a lehký bitevník Aero Vodochody L-39 MS a L 59. Mora se podílela na vývoji sestav tohoto motoru od roku 1981, kdy byla postavena nová hala pro výrobu jeho částí, Hala DV2. [7]

V roce 1991 dochází k první spolupráci s americkou společností Garret Aerospace následně Allied Signal (dnešní Honeywell). Výroba dílců pro nový motor M602 byla zastavena v roce 1992 a v roce 1996 byla ukončena výroba dílců pro motor DV2. Mora Moravia byla privatizovaná ve druhé vlně. Po ní došlo rozdělení jednotlivých výrobních celků Moravie na výrobu sporáků, výrobu topné techniky, výrobu letecké techniky, Slévárnu, Nástrojárnu Olomouc a provoz Dvorce, které byly postupně prodány. [7]

V roce 1994 byl zahájen vývoj a výroba titanových velo komponentů pod názvem Morati. Tato výroba byla velmi úspěšná a na výrobcích Morati jezdilo několik mistrů světa v horských kolech i v cyklokrose a trvala do roku 2006.

První dlouhodobá spolupráce s Allied Signal byla navázána v roce 1996 a podepsáním smlouvy byla odstartována nová éra výroby letecké techniky. [7]

Jedny z prvních dílců , které byly vyvinuty byly deswirl pr TFE 731 a liner pro TPE 331 , dále následoval hliníkový , zlatě eloxovaný kryt motoru TFE 738. Byla vyvinuta řada dílců, které vyžadovaly kompletní vývoj jak tvářených detailů, tak celé výrobní technologie související s celým výrobkem Takto byly vyvinuty rodiny dílců pro motory i po pomocné energetické jednotky (APU). V roce 2000 byl zahájen provoz generálních oprav. Byla ustavena skupina techniků, kteří navrhuji a schvalují opravárenské postupy. Byl také zahájen provoz oprav diffuserů, cross overů, oprav plamenců a dalších dílců. [7]

Osamostatněním Letecké divize 1. ledna 2000 vzniká akciová společnost Mora Aerospace. Velmi významným okamžikem firmy byl rok 2002, kdy se Honeywell sloučil s firmou Allied Signal a Mora Aerospace stala novou akvizicí Honeywellu. [7]

Od roku 2002 vzrostl obrat výroby i počet zaměstnanců a bylo realizováno mnoho investičních akcí jako: modernizace lisovny, pořízení nových vakuových pecí a modernizaci žíháreny, nové pracoviště pro plasmové nástřiky, nová metalografická laboratoř a chemická laboratoř, nová budova pro chemické procesy niklování, a elox, nákup nových laserů pro výrobu detailů plamenců, nákup nových NC obráběcích strojů.[7]

V roce 2009 byla pronajata nová výrobní hala, a tím začala expanze výroby. Byla převedena výroba z haly 404 z Phoenixu do Mariánského údolí. Jednalo se o převod osmi výrobních jednotek (cells) do nových i do stávajících prostor. Celkem bylo převezeno a zprovozněno 300 strojů a zařízení na ploše téměř 10 000 m². Následně na těchto převezených pracovištích začala výroba dílců za účasti operátorů z Phoenixu. [7]

Od roku 2008 HAO spolupracuje na novém motoru H80, který vychází z konstrukce motoru M601. Byly splněny velice přísná kritéria obvyklá v USA a společnost musela také přizpůsobit organizaci práce požadavkům, které vyplývají z příručky kvality odpovídající světovým leteckým předpisům. Komponenty se nacházejí v dopravních letadlech typu boeing a Airbus, v obchodních letadlech typu Dassault Falcon, Cessna Citation a Learjet, v helikoptérách a dalších letadlech. Mezi největší tuzemské zákazníky Honeywell Aerospace Olomouc s.r.o. patří, Aero Vodovody, a PBS Velká Bíteš. [7]

Honeywel Aerospace Olomouc s.r.o. v Hlubočkách vyrábí plechové a žárové díly leteckých turbínových motorů (pláště spalovacích komor, plamence, deswirly, difusory, výstupní roury a trysky, tepelné štíty a další) z nerezavějících ocelí a speciálních např. hliníkových, kobaltových, niklových a titanových slitin. [7]

5.2 Porovnání údržby na stroji č. 5100000070 a č.5100000071 ostatních strojích

Při pozorování údržby v HAO a zpracování mé diplomové práce byl zjištěn rozdíl v intervalu údržby horního ramene. Úkolem v této praktické části bude prověřit, zda by nebylo možné tento interval sjednotit s ostatními stroji a tím jej rozšířit.[8]



Obrázek 5.1 Švový odporový svařovací stroj [8]

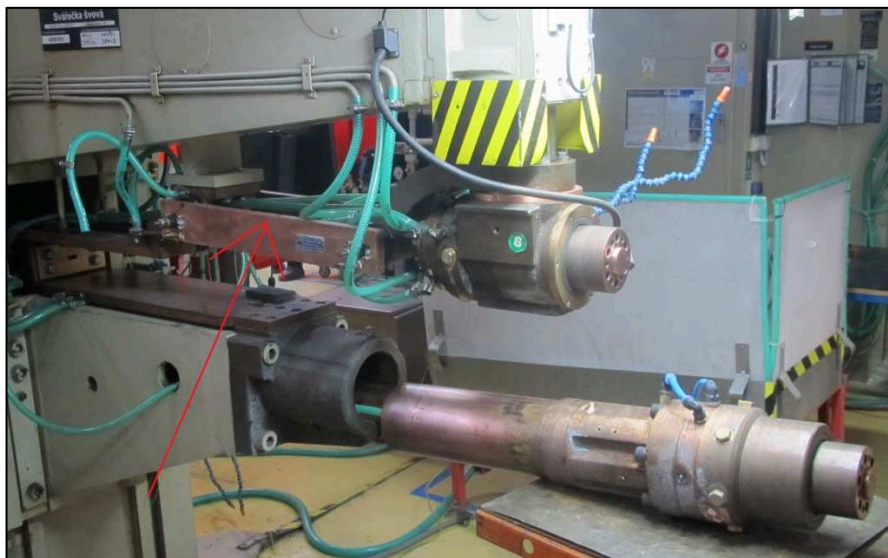
5.2.1 Zdokumentování současného stavu

Tento krok zpracovává technik údržby a bývá proveden v roční údržbě stroje. Tento krok spočívá v rozebrání části sekundárního obvodu. Této části se říká přívody neboli v tomto konkrétním případě je ve formě vodivého ramena.[8][9]

Tento krok se týká dvou odporových stojů v HAO [9] :

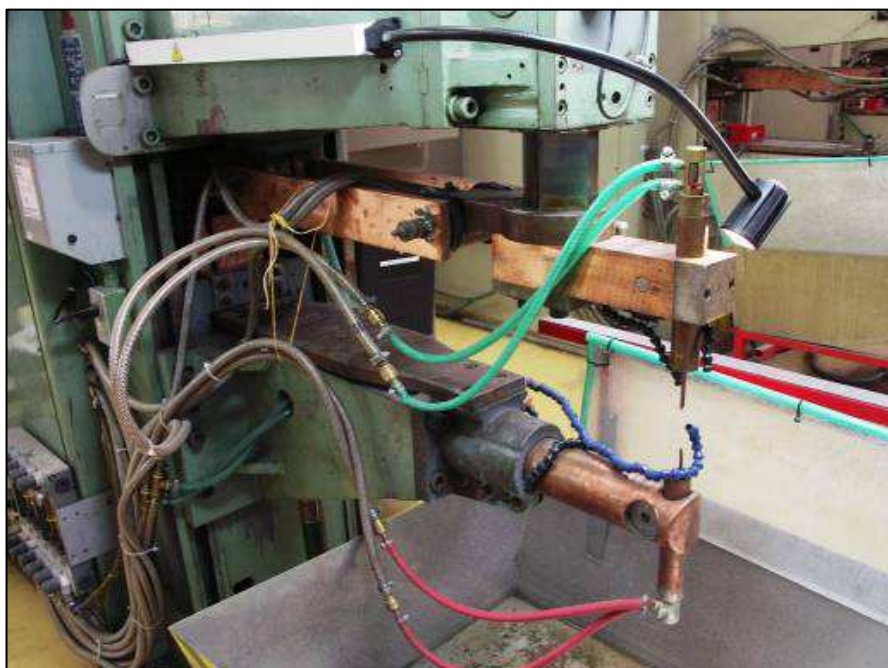
- odporové švové svařovací zařízení č. 5100000071
- odporové bodové svařovací zařízení č. 5100000070

U švového svařovacího zařízení je na obrázku možné vidět že rameno spojuje svařovací hlavu a zádň část sekundárního okruhu od transformátoru. Ramena jsou celkem dvě, na každé straně stroje jedno.[8]



Obrázek 5.2 Detail ramene švovky [8]

U bodového svařovacího zařízení lze na obrázku vidět, že rameno spojuje držák horní elektrody a zádň část sekundárního okruhu od transformátoru[8]



Obrázek 5.3 Detail ramene bodovky [7]

5.2.2 *Postup demontáže*



Obrázek 5.4 Demontáž ramene [8]

Při demontáži horního ramene je nutné nejdříve povolit šrouby následně je možné rameno demontovat. [8]

Po demontáži ramene je nutné začistit a odmastit dosedací plochy[8]



Obrázek 5.5 Detail dosedacích ploch [8]

Po celkové demontáži a vyčištění dosedacích ploch stroje je nutné také důkladně vyčistit dosedací plochy na horním rameni spolu s disky, očištění od plastického maziva.[8][9]



Obrázek 5.6 Detail mazané plochy [8]

Na obrázku lze vidět oblast mazanou plastickým mazivem. Dosedací plochy, které jsou mazány mazivem, je nutné řádně vyčistit a odmastit.[8][9]



Obrázek 5.7 Detail demontovaných kotoučů [8]

Odmaštěné kotouče se dále lapují na lapovací stolici aby bylo zaručeno dosednutí celou plochou kotouče. (obr. 5.8)[9]



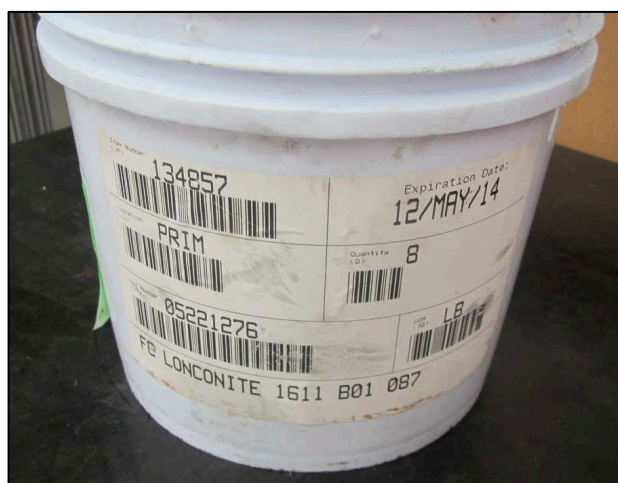
Obrázek 5.8 Lapování [7]

Na švovém svařovacím stroji č. 5100000071 se tato údržba provádí v 3 měsíčním intervalu a na ostatních strojích se provádí v intervalu ročním.[9]

Technik údržby tento krok provádí jednu směnu. V rámci práce jsem začal shromažďovat informace, jaký je důvod rozdílu v intervalu údržby u tohoto stroje. Cílem bude prověřit, zda by bylo možné u tohoto stroje rozšířit interval údržby tohoto kroku.[8]

Nejprve bylo nutné prověřit, proč při tvorbě směrnice, byl tento interval oproti ostatním strojům zkrácen. Bylo možné získat pouze zprostředkované informace o tom, proč tomu tak je. Zprostředkovaně jsem tedy zjistil, že tento interval byl změněn na základě podezření na zhoršení kvality maziva, které se pro tento krok používá.[8]

Používá se zde plastické mazivo, které je speciálně vyvinuto pro tento účel. Lonconite od výrobce Gilbert Industrial.[9]



Obrázek 5.9 Plastické mazivo - Lonconite [8]

Bylo zde podezření zhoršení vodivosti maziva po čtvrtletním intervalu. Toto podezření vzniklo při zabarvení maziva do zelena. To by mohlo signalizovat vysoký obsah oxidu mědi. Což by mohlo zapříčinit zhoršenou vodivost maziva a tím by mohla být ohrožena kvalita svaru. V rámci této diplomové práce bude proveden odběr a vyhodnocení vzorků dle dostupné tribodiagnostiky v laboratoři VŠB katedry 340. [8]

5.2.3 Tribodiagnostika

je jednou z metod technické bezdemontážní diagnostiky, která využívá maziva k objektivizaci zjištění technického stavu sledovaného objektu a objektivizaci zjištění kvality vlastního maziva. [1]

Při práci stroje nebo strojního zařízení se opotřebení uvolnění částice kovů nebo jejich sloučeniny. Tyto produkty jsou mazacím olejem vyplavovány z třecích míst a spolu s olejem cirkulují v mazací soustavě stroje. Se vzrůstajícím opotřebením se zvyšuje koncentrace těchto příměsí v oleji. [1]

Tribodiagnostika plní tedy dva hlavní úkoly [1]:

- a) Sledování stavu opotřebení jednotlivých zařízení
- b) Sledování degradace samotného maziva

V našem případě využijeme metod tribodiagnostiky pro sledování degradace samotného maziva. Což je vlastně hodnocení fyzikálně chemických parametrů maziva. Z tohoto pohledu rozdělujeme oleje na oleje motorové a průmyslové. [1]

Pro sledování degradace maziva je nutné odebrat vzorky sledovaného maziva.

Vzorek musí představovat průměrné složení používaného maziva ve strojním zařízení. Vzorky by proto měla odebírat jedna osoba, nebo musí být vypracovány přesný pracovní postup a jednotná metodika pro odběr. Pro odběr vzorků je vypracováno několik základních postupů, které jsou zakotveny v ČSN. Nejpřesnější a pracovní náročná je ČSN 65 6207. Jedná se o odběr vzorků hydraulických kapalin, kde je nutné věnovat zvýšenou pozornost množství a velikosti nečistot. [13]

Většinou se vzorky odebírají do čistých vzorkovnic o obsahu 300 ml. Odebraný vzorek se popíše a předá k rozboru. Popis musí být přesný a čitelný. O způsobu hodnocení rozhoduje tribotechnik, který je odpovědný za vedení diagnostiky a mazacích služeb. [13]

Zařízení by mělo být alespoň 20 minut v provozu z důvodu dokonalého promíchání a ohřátí oleje na provozní teplotu. Pak se odpustí cca 500 ml oleje do čisté nádoby a nalije se zpět do zařízení. Po propláchnutí odběrných zařízení se odebírá asi 200 – 250 ml oleje. Odebraný vzorek se označí a předá ke zkoušce. [13]

V našem případě odebíráme vzorek plastického maziva, které odebíráme při tříměsíční pravidelné kontrole stroje. Vzorky budou odebrány do 100 ml vzorkovnic, které jsou určeny pro odběr chemických látek v HAO. Než vzorky budou předány do tribolaboratoře, budou popsány těmito údaji dle ČSN 65 6207 [1] :

- místo odběru
- okamžik odběru
- interval odběru
- způsob odběru
- uložení vzorku

5.2.4 Rozbor maziva

V této části práce se pokusím zjistit, zda mazivo opravdu má zhoršené vlastnosti. Při tříměsíční údržbě byly odebrány vzorky plastického maziva. Byly odebrány také vzorky nového plastického maziva při porovnání při vyhodnocení. Po konzultacích bylo rozhodnuto, že bude využito dostupných metod tribodiagnostiky pro rozbor tohoto maziva. V ideálním případě by bylo nejlepší provést kontrolu vodivosti maziva, ta se ale provádí nejběžněji u látek v kapalném stavu. Pro tento rozbor bude využito možností tribotechnické laboratoře katedry 340 - VŠB – TU OSTRAVA.

Bude se vycházet z předpokladu, že vodivost by mohly narušit nebo také podpořit cizí částice v tomto mazivu. Bude tedy proveden rozbor částic ve vzorku maziva.

Vzorek bude vyhodnocen pomocí Energo dispersní rentgenová fluorescenční technologie. Tato metoda je jedna z nejpřesnějších, nejjednodušších a vysoce ekonomických analytických metod pro stanovení chemického složení mnoha typů materiálů. Je to nedestruktivní a spolehlivá metoda, nevyžaduje žádnou nebo jen velice malou přípravu vzorků a je vhodná pro kapalně, pevně a sypké skupenství vzorků. Je možno použít pro široký rozsah prvků od sodíku (11) po uran (92) a pracuje s limity



Obrázek 5.10 Spectro Xepos 3

detekce na úrovni sub-ppm; může také měřit jednoduše a simultánně koncentrace až do 100%. Typů přístrojů je více. Pro vyhodnocení v této diplomové práci bude použit konkrétní přístroj SPECTRO XEPOS 3. Jedná se o stolní energodisperzní rentgenový spektrometr. Tento přístroj využívá rozvinutý (Extended) Polarizační Optický Systém umožňuje pro simultánní stanovení prvků počínaje od Na až po U pomocí nízkovýkonné (50 W) rentgenky jako zdroje budícího záření. Primární záření rentgenek je pomocí vysoce účinné polarizační optiky plně polarizováno a učiněno částečně monochromatickým, pro co nejcitlivější detekci prvků v rozsahu od Na po Ni. Nemusí se tedy používat primární absorpční filtry s nízkou propustností záření. Přístroj lze použít na analýzu: [11]

- chemického složení kapalných materiálů
- chemického složení kovových i nekovových materiálů
- chemického složení pevných, sypkých i kapalných materiálů
- olejů a paliv

Postup měření :

- Vzorky maziva se musí odebrat do typizovaných nádob určených konkrétně pro tento přístroj.



Obrázek 5.11 Vzorky maziva

- Odebrané vzorky laborant vloží do kruhového úložného prostoru. Pomocí programu v PC laborant zapne vyhodnocení. Vyhodnocení obou vzorků trvá asi 20 minut.



Obrázek 5.12 Vložení vzorků do přístroje

- Po uplynutí času se v PC budou vygenerovány měřicí protokoly a bude je nutné vyhodnotit. Měřicí protokoly jsou přiloženy v jako příloha č. 1 a č. 2.

5.2.5 Vyhodnocení vzorků

Z níže uvedených tabulek (tab. 5.1 a tab. 5.2) lze vyčíst výsledky rozboru. Jednotkou je ppm (z angl. parts per milion), což je výraz pro jednu miliontinu celku. Pro převod do procentuálního obsahu platí poměr $1\% = 10\,000\text{ ppm}$.

Z tabulek lze vidět, že vzrostlo množství mědi, železa a stříbra. Což pravděpodobně zapříčinilo opotřebení dosedacích ploch, které jsou z mědi a stříbra. Přítomnost železa může zapříčinit otěr čepů nebo šroubů. Tyto otěrové kovy by měly naopak zlepšit vodivost maziva. Tato metoda vyhodnocení však nezjistí, jestli se v případě obsahu mědi nejedná o oxid mědi, který naopak zhoršuje vodivost.

Použité mazivo					
Z	Symbol	Element	Norm. Int.	Concentratio n	Abs. Error
11	Na	Sodium	13,5223	1071ppm	21ppm
29	Cu	Copper	3442,3909	236,9ppm	0,5ppm
12	Mg	Magnesium	4,2386	118,7ppm	4,9ppm
47	Ag	Silver	68,1706	45,1ppm	0,7ppm
26	Fe	Iron	131,0508	15,7ppm	0,2ppm
53	I	Iodine	17,2681	10,2ppm	0,9ppm
24	Cr	Chromium	19,2026	8,5ppm	0,4ppm
30	Zn	Zinc	153,0719	7,7ppm	0,1ppm
16	S	Sulfur	17,9716	7,5ppm	0,1ppm
27	Co	Cobalt	10,5426	7,0ppm	0,8ppm
28	Ni	Nickel	62,6423	5,2ppm	0,1ppm

Tabulka 5.1 Výsledky rozboru použitého maziva

nové mazivo					
<u>Z</u>	<u>Symbol</u>	<u>Element</u>	<u>Norm. Int.</u>	<u>Concentration</u>	<u>Abs. Error</u>
11	Na	Sodium	13,0014	1064ppm	22ppm
12	Mg	Magnesium	4,3181	127,8ppm	5,1ppm
14	Si	Silicon	25,9484	37,4ppm	0,4ppm
73	Ta	Tantalum	65,6969	10,6ppm	0,3ppm
16	S	Sulfur	23,8084	10,4ppm	0,1ppm
24	Cr	Chromium	17,9261	8,2ppm	0,4ppm
27	Co	Cobalt	9,9518	6,9ppm	0,7ppm
53	I	Iodine	14,7236	4,6ppm	0,5ppm
29	Cu	Copper	45,8793	3,3ppm	0,1ppm
72	Hf	Hafnium	19,4522	3,3ppm	0,2ppm
28	Ni	Nickel	32,295	2,5ppm	0,1ppm

Tabulka 5.2 Výsledky rozboru nového maziva

5.2.6 Doporučení výrobce

Vzhledem k nejednoznačnému výsledku rozboru maziva, jsem se rozhodl kontaktovat výrobce maziva. Výrobce je firma GI, která pro HAO stroje renovovala a zpracovávala plány údržby, a je také výrobcem stroje. Na základě tohoto problému byla uspořádána telekonference se zástupcem společnosti.[8][9]

GI doporučuje sjednotit interval údržby s ostatními stroji. Nejsou si vědomi, proč by měly mít stroje č.510000070 a č.510000071 jiný interval údržby oproti ostatním koncepčně stejným strojům, kde se tento krok údržby provádí v ročním intervalu.[8][9]

5.2.7 Závěr

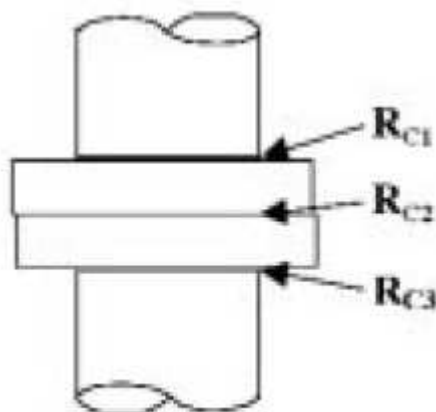
Po výše uvedeném chemickém rozboru, konzultaci s Gilbert Industrial a zástupců technologie svařování, doporučuji interval údržby sjednotit s ostatními stroji. Provádět tedy tento krok v ročním intervalu. Proces čtvrtletní údržby tím bude zkrácen a tím dojde k úspoře práce technika údržby.[8]

5.3 *Inverter Controlled Resistance Welders – Invertorové svařování*

5.3.1 *Princip*

Invertorové odporové svařování spočívá ve zvýšení frekvence na napájecím zdroji. Od transformátoru je proud regulovaný, k tomu je využito regulování pomocí tyristorů. V invertoru je proud usměrňován, přefiltrován přes kondenzátory a přeměněn mostem na střídavý proud vyšší frekvence. Pracovní frekvence se pohybuje od 1 až 25 kHz. Obvykle se ale jedná o střední frekvence 1kHz. [9][12]

Vše se odehrává v uzavřené smyčce (obr 5.14). Výhoda uzavřené smyčky spočívá ve zpětné vazbě, kterou je schopna dát při svařování. Používá při tom senzory napětí a proudu pro řízení energie do svařovaných součástí. Na začátku svařování je velký odpor mezi elektrodou – součástí a součástí – elektroda. (obr 5.13)[9]



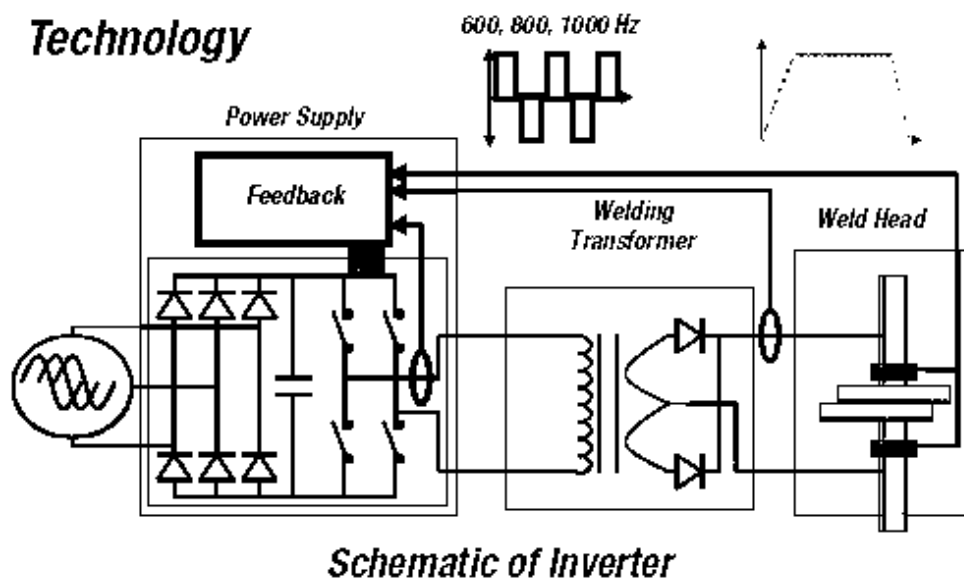
Obrázek 5.13 Odporů na sestavě [9]

Je – li vpuštěno příliš mnoho energie před elektrodu, kontaktní oblasti se mohou přehřát, což může vést k vyprskávání a lepení elektrod a důsledek může být slabý svár. Uzavřená smyčka zdroje umožňuje velmi přesné naprogramování za začátku impulsu sváru. Stoupání proudu, napětí nebo síly pomáhá snížit počáteční odpor kontaktů a zaměřit teplo přímo do sváru svařovaného dílu. Délka doby stoupání může být naprogramována tak aby vyhovovala dané danému použití u daného materiálu. [9]

V prvních několika milisekundách odporového sváru odpor dílu klesá jak elektroda a díl společně dosedá. Během sváru odolnost hodnoty posunu odporu kontaktu klesá a zvyšuje se hromadný odpor. Zpětnou vazbou zdroje je možné reagovat na tyto změny

každých 10 – 250 mikrosekund, v závislosti na modelu napájení, což umožňuje v uzavřené smyčce napájecího zdroje produkovat více konzistentní sváry, zejména pro obtížně svařitelné díly.[9]

Inverterové odporové svařování v uzavřené smyčce zaručuje a vysoce kvalitní sváry které jsou dosažné vhodným řízením pomocí řídicí jednotky.[9]



Obrázek 5.14 Schéma inverterového svařování [9]

Je možné svařovat ve třech režimech : [9]

- konstantní proud – do svaru je dodán vždy konstantní proud a nereaguje na změny odporu součástí
- konstantní napětí – do svaru je dodáno vždy konstantní napětí a nereaguje na změny odporu součástí
- monitoring - reaguje na změny odporu při svařování – mění vstupní hodnoty podle změn odporu součástí

5.3.2 Vzorky

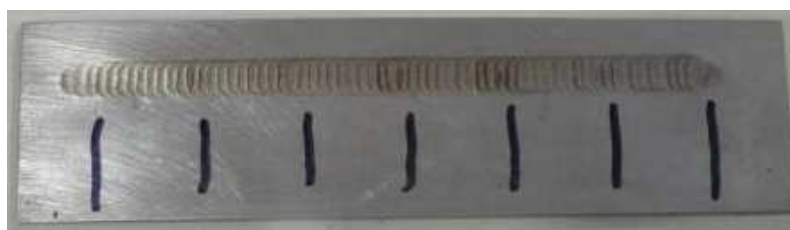
Invertorové svařování bylo vyzkoušeno při návštěvě možného dodavatele na vzorcích s níže uvedenými parametry : [9]

- Stroj: Sciaky švová

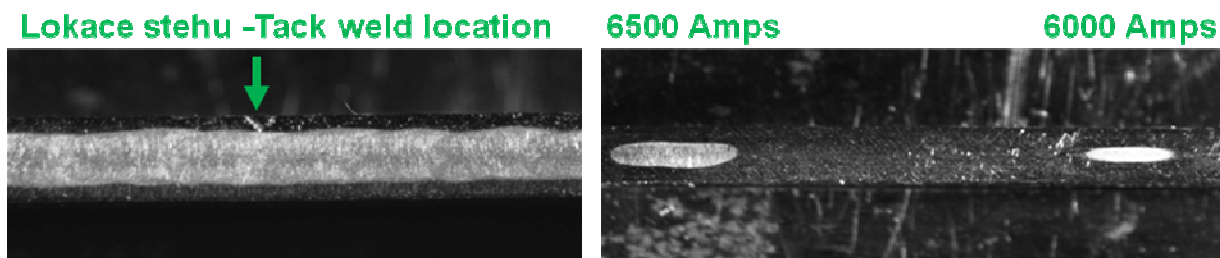
- Řídicí systém: WeldComputer® Inverter Adaptive Control
- Inventorová frekvence: 2 kHz
- Elektroda: Třída 3; Poloměr 76,2 mm; 6,35 mm šířka
- Kontinuální Adaptivní Plán
- Down / Up tlaku: 45,0 / 20,0 psi
- Svařovací proud: 7500 A
- Svařovací čas: 40 ms
- Materiál : IN 718, 0,032 palce (0,8 mm) Tloušťka
- Podmínky povrch (čistota)
- Fit-up
- Stehy



Obrázek 5.15 Nastehovaný vzorek [7]



Obrázek 5.16 Svařený vzorek [7]



Obrázek 5.17 Řez svařenými vzorky [7]

Vzorky byly nejdříve nastehovány. (obr 5.15) V místě stehu se mění odpor oproti lokaci bez stehu. Ve většině případů u odporového svaru svařeného na normální frekvenci lze na vzorcích rozpoznat kolem lokace stehu zeslabení jádra svaru právě vlivem změny odporu.

Na příčném řezu vzorku lze vidět lokaci stehu. Lze vidět, že svar je rovnoměrně vytvořen i zde, což značí, že se stroj vyrovnal s rozdílem odporu v této lokaci.

5.3.3 Shrnutí a přínos

Svařovací proud je dodáván konstantním způsobem. Ohřívání zóny tavení probíhá homogenním způsobem, čímž je docíleno požadované kvality. Pokud je pokles větší než 15 % tak svařování je svařování zastaveno, aby nebyla ohrožena kvalita svaru.[9][12]

Výhody:

- Přesnost a stálost svařovacího proudu
- Možnost nastavení času po milisekundách
- Kratší doba svařování (produktivita)
- Menší opotřebení elektrod a snížení její údržby
- Snížení spotřeby energie až o 30 %
- Okamžitá zpětná vazba a možnost kompenzace
- Možné snížení intervalu údržby stroje
- Při svařování se zpětnou vazbou je zde potenciál pro snížení kontroly vzorků
- Jednodušší vytváření programu pro tento typ svařování

Nevýhody :

- Vysoká pořizovací cena
- Nutná tvorba nových svařovacích programů včetně certifikátů – kapacita
- Jedná se pouze o úpravu existujícího stroje – možná poruchovost

Inverterové svařování je nová moderní technologie. Dodavatel, který nabízí dodání, je z USA, což může být problematické z hlediska servisu. Doporučil bych, pro srovnání technologií poptat u dodavatelů v EU včetně nového stroje. Pokud by tato technologie byla namontovaná na novém stoji, je pravděpodobnější, že by bylo možné snížit intervaly preventivní údržby a také by se snížila poruchovost oproti aktuálním strojům.

6 Závěr

Teoretická část práce popisovala systém údržby v obecné rovině. V další části byl vysvětlen princip odporového svařování a hodnocení jakosti svarů. Následující část se zabývala konstrukcí odporových svařovacích stojů a jejich údržbě.

V praktické části práce byla prověřena údržba konkrétního stroje ve společnosti HAO. V průběhu zpracovávání diplomové práce a monitorování současného stavu údržby, byl zjištěn nesoulad v údržbě dvou konkrétních strojů oproti ostatním strojům. Pomocí zhodnocení rizik, chemického rozboru maziva a následné konzultace s výrobcem stroje, bylo doporučeno rozšířit interval údržby obou strojů. Rozšířením tohoto intervalu dojde k úspoře práce údržbáře a odstávky stroje. Výsledky a doporučení této části práce byly aplikovány do interní směrnice na údržbu stroje a interval údržby byl rozšířen.

V další praktické části byla zhodnocena nová technologie odporového svařování. Byl zde popsán princip této technologie a zhodnoceny její přínosy pro společnost HAO.

Poděkování

Děkuji všem svým kolegům a spolupracovníkům ve společnosti HAO, kteří svými cennými radami přispěli k vypracování této diplomové práce. Chtěl bych také poděkovat svému vedoucím diplomové práce Doc. Ing. Františku Helebrantovi, CSc. za odborné vedení mé práce.

7 Seznam použité literatury

- [1] VOŠTOVÁ, Věra, Karel JEŘÁBEK, František HELEBRANT a . 2002. *Provoz a údržba strojů: II. část Údržba strojů*. Vyd. 1. Praha: Vydavatelství ČVUT, 124 s. ISBN 80-010-2531-4.
- [2] CARL SCHENCK AG. 1989. *Preventivní údržba strojů*. 1. Praha: SNTL-Nakladatelství technické literatury. 06-113-89.
- [3] SKŘIVÁNEK, Miroslav a Emil POLÍVKA. 1976. *Provozní spolehlivost a údržba strojů*. 2. Praha: SNTL-Nakladatelství technické literatury. 04-325-76.
- [3] PLÍVA, Ladislav. 1975. *Odporové svařování*. 1. Praha: Státní nakladatelství technické literatury. 04-219-75.
- [4] JARSKÝ, Karel. 1966. *Údržba odporových svařovacích strojů*. Praha: Státní nakladatelství technické literatury. 04-530-66.
- [5] PLÍVA, Ladislav. 1963. *Odporové svařování v praxi*. 2. Praha: Státní nakladatelství technické literatury.
- [6] LEGÁT, Václav. 2013. *Management a inženýrství údržby*. 1. vyd. Praha: Professional Publishing, 570 s. ISBN 978-80-7431-119-2.
- [7] HONEYWELL AEROSPACE OLOMOUC S.R.O., Nádražní 400, 783 65 Hlubočky-Mariánské Údolí. *Dostupná firemní literatura a fotodokumentace*
- [8] HONEYWELL AEROSPACE OLOMOUC S.R.O., Nádražní 400, 783 65 Hlubočky-Mariánské Údolí. *Vlastní pozorování a tvorba fotodokumentace*
- [9] AMADA MIYACHI EUROPE: Resistance Welding Power Supplies and Transformers [online]. 2014 [cit. 2015-05-17]. Dostupné z: <http://www.amadamiyachieurope.com/cmdata/documents/TDS-ISA-Series-RW-MAC-07-2014.pdf>
- [10] SVAŘOVACÍ NORMA AWS: *Recommended Practices for Resistance Welding*. 2000.
- [11] SPECTRO CS : Spectro xepos 3 , [online]. 2011 - 2015 [cit. 2015-05-17].

Dostupné z <http://www.spectro.cz/rentgenovy-spektrometr-spectro-xepos-3/>

[12] Projekční lisy třífázové, invertorové. *Welding Progress s.r.o.* [online]. 2015 [cit. 2015-05-17]. Dostupné z: <http://www.svarovani.cz/userfiles/files/06-03.pdf>

[13] CMMS - prediktivní údržba a technická diagnostika. MAREK, Vladislav. *Tribotechnická diagnostika motorových olejů* [online]. 2013 [cit. 2015-05-17]. Dostupné z: <http://www.cmms.cz/mazani/205->